

高ベータプラズモイド衝突による無衝突衝撃波実験の
2次元抵抗性MHDシミュレーション

**2-D Resistive MHD Simulation for Collision-less Shock Experiments by
Collision of High-Beta Plasmoids**

小林大地¹, 関太一¹, 高橋努¹, Sean DETTRICK², 郷田博司², 浅井朋彦¹
KOBAYASHI Daichi¹, SEKI Taichi¹, TAKAHASHI Tsutomu¹, DETTRICK Sean²,
GOTA Hiroshi² and ASAI Tomohiko¹

¹日大, ²TAE.

¹Nihon Univ., ²TAE

日本大学のFAT-CM装置では、極限的に高いベータ値 ($\beta > 1$) を持つ磁場反転配位 (FRC) 様のプラズモイドをアルヴェン速度やイオン音速を超える相対速度で衝突させ、衝突性から無衝突領域での衝撃波の形成およびその観測を目指した実験を開始した[1]。これまでに実施した実験では、プラズモイド衝突時の相対速度は200–300 km/s (マッハ数で2–6程度) であった[2]。

無衝突衝撃波の形成・観測のため、超新星残骸の膨張の速度 (~1000 km/s) と同等の速度領域での実験を目指し、実験装置の大規模な改造を実施した。本研究ではこの改造に先立ち、抵抗性磁気流体力学 (MHD) シミュレーションを用いて、目指す速度領域を実現するためのコイル形状・配置や放電条件について検討した。このシミュレーションでは2次元軸対称を仮定し、実験装置とほぼ同じ境界条件でプラズモイドの生成、加速、衝突、合体の過程が連続的に計算される[3]。

単一のプラズモイドの加速・移送過程のシミュレーション結果から得た、プラズモイドの体積、電子密度、イオン温度、移送速度を図1に示す。実験装置のプラズモイド生成・加速用の高速パルス放電回路を増強することなく、コイル形状・配置の調整のみによって、衝突時の相対速度 (移送速度の2倍) 350 km/s程度での実験が実現できるという計算結果 (case 1, $t \sim 18 \mu\text{s}$) が得られた。この速度は実験装置の改造後の初期実験における結果と同程度であった[4]。また、これまでに開発した低密度運転法[5]を用いることで密度を半分程度に低減させることが可能である。初期ガス密度を半分まで低減した計算では540 km/s程度の相対速度となった (case 2, $t \sim 13 \mu\text{s}$)。さらに、初期ガス密度を10分の1まで低減させることができれば、1500 km/s以上の速度領域での実験が実現でき

るという計算結果も得られた (case 3, $t \sim 7 \mu\text{s}$)。

以上の結果から今回実施した実験装置の改造に加え、初期ガス密度の制御により超新星残骸と同等な速度領域での実験が可能であることが示唆された。

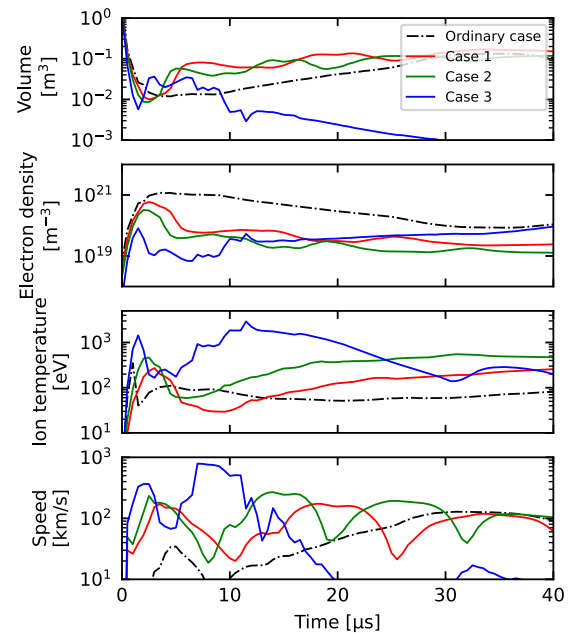


図1 単一移送過程におけるプラズモイドの体積、電子密度、イオン温度、移送速度。ミラー磁場によりプラズモイドが反射するため速度が振動している。

- [1] T. Asai *et al.*, *Nucl. Fusion* **61**, 096032 (2021).
- [2] D. Kobayashi *et al.*, *Phys. Plasmas* **28**, 022101 (2021).
- [3] D. Kobayashi *et al.*, *Rev. Sci. Instrum.* **92**, 053515 (2021).
- [4] 関太一 他, 第39回プラズマ・核融合学会年会予稿集, 24Ca01 (2022).
- [5] D. Kobayashi *et al.*, *Plasma Fusion Res.* **17**, 2402043 (2022).